



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DE LA ADQUISICIÓN DE UN SISTEMA DE ARMAS ALTERNATIVO AL CAÑÓN ANTIAÉREO 35/90 GDF-007 Y DIRECCIÓN DE TIRO SKYDOR

Autor

C.A.C. D. Antonio Javier Fuentes Melián

Director/es

D. Ricardo Laborda Herrero
Cap.D. Juan Antonio García Santiago

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

Repositorio de la Universidad de Zaragoza – Zaguan <http://zaguan.unizar.es>

Agradecimientos

El siguiente Trabajo de Fin de Grado se ha realizado durante el periodo de prácticas externas en la 1º Batería del GAAA II/32 ubicado en Melilla. Quisiera mostrar mi agradecimiento y satisfacción a todos los miembros de esta unidad.

En primer lugar, agradecer al Capitán D. Juan Antonio García Santiago, la Capitán Dña. Cristina Gutiérrez Cordero y a los Tenientes D. Francisco Javier Mancebo Plaza y D. José Francisco Alfaro Parra por su especial atención, dedicación y guía durante mi estancia en la unidad tanto en la ayuda de recopilación de información como en la realización del trabajo.

En segundo lugar, agradecer al cuadro de mandos y personal de tropa de la 1º Batería del GAAA II/32 por haberme hecho sentir como uno más en la batería. Lo que diferencia a los grupos de las personas no es lo bueno o malos que sean, sino el comportamiento que tienen ante las adversidades o situaciones de estrés a las que se enfrenten. Por ello, he de decir que la 1º Batería del GAAA II/32 destaca por su trabajo en equipo, buen ambiente y cohesión. Solo me queda animarles a que sigan en la línea y desearles mucha suerte.

También he de agradecer a mi tutor académico D. Ricardo Laborda Herrero por su apoyo, revisión y guía con la cual ha colaborado para la realización del Trabajo Final de Grado.

Tampoco puedo olvidarme de un elemento vital en mi vida, mi familia. En especial me gustaría mencionar a mi madre Loreto y a mi abuela Lala, por su cariño y apoyo incondicional. Personas las cuales han realizado sacrificios para sacar adelante a mis hermanos Sara, Carlos y a mí. Por ello les doy las gracias por haberme guiado y haberme convertido en la persona que soy hoy en día.

Por último y no menos importante, agradecer de corazón a mi mujer Isabel el hecho de estar siempre a mi lado. El hecho de tener la relación recíproca de estar al pie del cañón cuando el otro está de capa caída nos hace un binomio inquebrantable, eres la persona con la que me iría al fin del mundo. Gracias por todos estos maravillosos años y por enseñarme que por muy dura que sea la vida y por las vicisitudes que se nos antepongan, siempre estés a mi lado con una sonrisa animándome a seguir adelante, eres el sol que ilumina mi camino.

Abstract

The present work arises from the need to improve the capacity of the Army's cannon-type Antiaircraft Artillery. The SKYDOR 35/90 mm GDF-007 system is the only anti-aircraft cannon system available to the Army. The set of limitations that it has, the lack of spare parts, the time that the system spends in the step... They are several examples of a set of negative aspects that when all are taken into consideration we obtain a considerable decrease of the effectiveness of the unit which has this system of weapons.

The SKYDOR 35/90 mm GDF-007 system is suitable for low and very low defence of vital points, contribute to zone defence and force protection preferably integrated in an Air Defence Unit. Initially, it had the mission to combat fixed-wing and mobile aircraft. Today the spectrum of the threat of cannon-type anti-aircraft artillery has rapidly evolved to the point of having to fight rockets, artillery, mortars and also unmanned aerial systems. The fact that the SKYDOR 35/90 mm GDF-007 system cannot combat its full spectrum of threat poses a great risk to contributing to Spain's Air Defence.

It is for this reason that during the next project the feasibility of acquiring an alternative anti-aircraft gun type system or, on the contrary, upgrading the current SKYDOR 35/90 mm GDF-007 system so that it can fulfil its current mission will be studied.

In short, the accomplishment of the Final Degree Work with the help of different tools and knowledge acquired in the Degree in Industrial Organization together with the consultation and compilation of information coming from the personnel framed in the 1st Battery of the GAAA II/32 framed in the RAMIX 32 in Melilla, that will help to the decision making to ratify the objective for which this project arose.

Índice

1. Introducción	1
1.1 Situación actual	1
1.2 Objetivos y alcance del proyecto	1
1.3 Ámbito de aplicación	2
1.4 Metodología	3
2.1 Generalidades del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007	4
2.2 Concepto C-RAM	7
2.3 Capacidades C-RAM del de la Artillería Antiaérea	8
2.4 Del C-RAM al C-EAT	8
3. Stakeholders	10
4. Análisis DAFO	11
5. Estudio de viabilidad técnica y económica	12
6. Alternativas consideradas. Análisis de mercado	16
6.1 Centurion C-RAM (Land Phalanx CIWS)	17
6.2 Skyshield	18
6.3 Modernización del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007	20
7. Análisis de riesgos	21
7.1 Análisis de riesgos del Centurion C-RAM (Land Phalanx CIWS)	22
7.2 Análisis de riesgos del Skyshield	23
7.3 Análisis de riesgos del proceso de Modernización del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007	23
8. Método AHP	25
9. Conclusión	28
10. Bibliografía	29
11. Anexos	31
ANEXO A. Generalidades del cañón antiaéreo 35/90 mm GDF-007	31
ANEXO B. Generalidades del Centurion C-RAM (Land Phalanx CIWS)	32
ANEXO C. Generalidades Skyshield	33
ANEXO D. Tabla de análisis de riesgos del Centurion C-RAM (Land Phalanx CIWS)	34

ANEXO E. Tabla de análisis de riesgos de Skyshield	35
ANEXO F. Tabla de análisis de riesgos de Modernización SKYDOR	36
ANEXO G. Árbol de jerarquías método AHP	37
ANEXO H. Encuesta realizada al equipo de expertos	38
ANEXO I. Resultados encuesta equipo de expertos.....	40
ANEXO J. Escala fundamental de comparación de Saaty	42
ANEXO K. Etapas del método AHP	43

Relación de Ilustraciones, Tablas, Gráficas y Ecuaciones

Ilustración 1: Unidad de sensores y Puesto de Mando [7].....	4
Ilustración 2: Unidad de Tiro SKYDOR 35/90 mm GDF-007 [7]	4
Ilustración 3: Programa SKYDOR [7].....	5
Ilustración 4: Cañón antiaéreo 35/90 GDF-007 [8]	6
Ilustración 5: Secuencia de disparo con munición AHEAD [10].....	6
Ilustración 6: C-RAM Test [12]	8
Ilustración 7: Estructura orgánica JCG GBAD (OTAN) [13].....	9
Ilustración 8: Stakeholders del proyecto [elaboración propia].....	10
Ilustración 9: Amenazas enemigas de bajo coste [10].....	13
Ilustración 10: Phalanx CIWS [25].....	17
Ilustración 11: Centurion Land Phalanx Weapons System [10]	18
Ilustración 12: Mantis Air Defense [27].....	19
Ilustración 13: Camión grúa del Skyshield [27].....	19
Ilustración 14: Árbol de jerarquías, método AHP [elaboración propia].....	37
Ilustración 15: Gráfico circular 1[elaboración propia].....	40
Ilustración 16: Gráfico circular 2[elaboración propia].....	40
Ilustración 17: Gráfico circular 3[elaboración propia].....	40
Ilustración 18: Gráfico circular 4[elaboración propia].....	41
Ilustración 19: Gráfico circular 5[elaboración propia].....	41
Ilustración 20: Gráfico circular 6[elaboración propia].....	41
Ilustración 21: Método AHP, evaluación de criterios	43
Ilustración 22: Método AHP, evaluación de alternativas.....	43

Tabla 1: Análisis DAFO [elaboración propia].....	11
Tabla 2: Precios de las diferentes alternativas [elaboración propia].....	14
Tabla 3: Ejemplo de modernización del sistema Hawk [elaboración propia]	15
Tabla 4: Requisitos de las diferentes alternativas [elaboración propia]	16
Tabla 5: Modelo de matriz de probabilidad e impacto [elaboración propia]	21
Tabla 6: Matriz de probabilidad e impacto del Centurion C-RAM	22
Tabla 7: Matriz de probabilidad e impacto del Skyshield [elaboración propia].....	23
Tabla 8: Matriz de probabilidad e impacto del proceso de la modernización SKYDOR 35/90 [elaboración propia]	24
Tabla 9: Criterios método AHP [elaboración propia].....	25
Tabla 10: Criterios método AHP [elaboración propia].....	25
Tabla 11: Comparativa según gastos [elaboración propia].....	26
Tabla 12: Comparativa según capacidad C-RAM y C-EAT [elaboración propia]	26
Tabla 13: Comparativa según la reducción de riesgos [elaboración propia].....	26
Tabla 14: Comparativa según la rapidez del proceso de adaptación [elaboración propia]	26
Tabla 15: Comparativa según la movilidad [elaboración propia]	26
Tabla 16: Matriz de decisión final método AHP [elaboración propia].....	27
Tabla 17: Generalidades del cañón antiaéreo 35/90 mm GDF-007.....	31
Tabla 18: Generalidades del Centurion C-RAM	32
Tabla 19: Generalidades Skyshield [elaboración propia].....	33
Tabla 20: Tabla de análisis de riesgos del Centurion C-RAM [elaboración propia]	34
Tabla 21: Tabla de análisis de riesgos del Skyshield [elaboración propia]	35
Tabla 22: Tabla de análisis de riesgos del proceso de Modernización SKYDOR [elaboración propia]	36
Tabla 23: Escala fundamental de comparación de Saaty [elaboración propia].....	42

Tabla de abreviaturas

AHEAD: Advanced Hit Efficiency and Destruction

CIWS: Close In Weapons System

C-RAM: Counter Rockets, Artillery and Mortars

C-EAT: Counter Emerging Air Threat

EAT: Emerging Air Threat

HEIT-SD: High Explosive Incendiary Tracer Self Destruct

JCG on GBAD: Joint Capability Group on Ground Based Air *Defense*

LSS: Low Small Slow

MADOC: Mando de Doctrina

OTAN: Organización del Tratado Atlántico Norte

ToE: Team of Experts

UAS: Unmanned Aerial System

UDAA: Unidad de Defensa Antiaérea

RAM: Rockets, Artillery and Mortars

1. Introducción

La memoria incluida en el siguiente documento es el resultado del Trabajo de Fin de Grado del Grado de Ingeniería de Organización Industrial impartido por el Centro Universitario de la Defensa en la Academia General Militar y su título es “Estudio de la viabilidad de la adquisición de un sistema de armas alternativo al cañón antiaéreo 35/90 mm gdf-007 y dirección de tiro SKYDOR”.

1.1 Situación actual

Es en los tiempos difíciles cuando surge la necesidad de que tanto las personas como las instituciones adopten las medidas necesarias para afrontar las transformaciones que permitan hacer frente al actual mundo cambiante. Por ello, es vital no olvidar de dónde venimos, para estudiar exhaustivamente el presente y anticiparse al futuro. Dichas transformaciones han afectado también a las Fuerzas Armadas, que tras innumerables ocasiones desplegadas en operaciones en el exterior, se sitúa en posición ventajosa [1] para predecir las nuevas tendencias y el papel que está llamado a jugar.

El combate asimétrico ha hecho cambiar el modelo de acción de las Fuerzas Armadas, y por ende, el de la Artillería. Cada vez aparecen nuevas tácticas, técnicas y procedimientos por lo cual la doctrina y la instrucción y adiestramiento son una constante evolución [2].

El despliegue de la Artillería Antiaérea siempre se ha visto afectado por decisiones políticas y económicas. Los tipos de escenarios de intervención anteriores junto a la coyuntura económica sufrida en España hacían que la actuación por parte de la Artillería Antiaérea fuera escasa frente a la intervención de las armas de maniobra como la Infantería y Caballería. En la actualidad, la Artillería Antiaérea está cobrando importancia ya que desde enero de 2013 se inició la misión internacional Active Fence situada en Turquía la cual actualmente se encuentra en su novena edición. La unidad desplegada es de entidad Batería tipo “PATRIOT” junto con personal de apoyo los cuales forman un total de 130 efectivos. El propósito es aumentar la capacidad de defensa antimisil de la OTAN debido a la crisis sufrida en Siria [3].

Por lo cual, para poder enfrentarnos a los nuevos conflictos que se originen para la Artillería Antiaérea se deberá de tener ante todo una buena planificación consecuente con la instrucción y el adiestramiento con el objetivo de cumplir la misión que consiste en proteger el espacio propio aéreo de las posibles amenazas.

1.2 Objetivos y alcance del proyecto

El objetivo de este proyecto es realizar un estudio de viabilidad técnica y económica sobre sistemas alternativos al sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 determinando si sería óptimo sustituirlo por otro o por contrario realizar un proceso de modernización del mismo. La misión del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 es la defensa de puntos vitales, defensa de zona y la protección de unidades. Ante ciertas limitaciones que tiene el sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 frente a amenazas de tipo cohetes, artillería, morteros y sistemas aéreos no pilotados, surge la necesidad de dotar a la artillería antiaérea de un sistema que cumpla la misión para la que fue concebido.

El alcance de nuestro proyecto estará limitado a las unidades que posean el sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 [4]:

- Regimiento de Artillería Antiaérea nº 71 situado en Madrid.
- Regimiento de Artillería Antiaérea nº 73 situado en Cartagena.
- Regimiento de Artillería Antiaérea nº 94 situado en Las Palmas.
- Regimiento de Artillería Mixto nº 30 situado en Ceuta.
- Regimiento de Artillería Mixto nº 32 situado en Melilla.

La memoria se estructura de la siguiente manera:

- Generalidades del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007
- Análisis y composición de la batería de artillería antiaérea tipo cañón.
- Estudio de los términos C-RAM y C-EAT los cuáles se han transformado en objetivos principales en la artillería antiaérea tipo cañón.
- Estudio de viabilidad técnica para posteriormente realizar un estudio de mercado fundamentado en los requisitos propuestos.
- Análisis de las diferentes opciones propuestas para sustituir el sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 o realizar un proceso de modernización del mismo
- Conclusiones y líneas futuras

1.3 Ámbito de aplicación

La Defensa aérea [5] comprende el conjunto de medidas que tienen como objetivo reducir o anular las acciones aéreas hostiles enemigas en nuestro territorio. La Defensa Antiaérea son el conjunto de unidades de superficie encuadradas en la fuerza terrestre que tratan de reducir o anular las acciones aéreas hostiles enemigas.

La artillería antiaérea son el conjunto de unidades pertenecientes al Ejército de Tierra encargadas de la Defensa Antiaérea del territorio español. La protección de las unidades, organizaciones operativas e instalaciones de las Fuerzas Armadas en contraposición de cualquier acción aérea hostil, es su misión principal. Para ello el Mando de Artillería Antiaérea se organiza en estructuras operativas las cuales se llaman Unidades de Defensa Antiaérea. Éstas tienen carácter temporal y composición variable en función del tipo de misión a desempeñar. La composición de una unidad de defensa antiaérea consta de tres núcleos:

- Núcleo de mando y control
- Núcleo de fuego
- Núcleo de apoyo logístico

El sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 normalmente se integra en el núcleo de fuego de la Unidad de Defensa Antiaérea, ya que es el que suele estar compuesto por varios sistemas de armas [6].

Los principios y fundamentos de empleo de la artillería antiaérea son la base de la doctrina con los cuales se planean y se establecen las defensas aéreas [5].

1.4 Metodología

En un principio, la metodología va a estar fundamentada en la recogida de información extraída de manuales del Ejército de Tierra y de la revista memorial de artillería[7]. Además se realizaron consultas a expertos y una encuesta al cuadro de mandos de la 1º batería del Grupo de Artillería Antiaérea del RAMIX 32. De esta forma se hizo posible la realización de un estudio del arte con el objetivo de conocer los requisitos indispensables que debe de tener nuestro sistema de armas para que cumpla su misión. A continuación se utilizarán las siguientes herramientas:

1. Análisis DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades) en el cual se ha tomado como actor principal al país español en su conjunto, ya que, aunque este trabajo este enfocado a las Fuerzas Armadas el comprador sería el Ministerio de Defensa, y por ende, el gobierno español. Con el uso de esta herramienta se ha focalizado el análisis de precios de las diferentes alternativas del proyecto. Previamente se ha realizado un análisis de los stakeholders para conocer las organizaciones que afectarían la realización del proyecto y tenerlas en cuenta en la realización del DAFO.
2. Análisis de riesgos de las diferentes opciones posibles que se encuentran en el análisis de mercado realizado. Los riesgos, además de colaborar a la toma de decisión del sustituto del cañón antiaéreo 35/90 gdf-007 y dirección de tiro SKYDOR, han sido utilizados en la siguiente y última herramienta.
3. Método de jerarquización analítica o también llamado AHP, en el cual se ha realizado una encuesta previa al equipo de expertos de la 1º Batería del Grupo de Artillería Antiaéreo del RAMIX 32 y así con los resultados obtenidos se ha obtenido el objetivo final que no es otro que elegir la alternativa al actual sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007.

El objetivo final consiste en la aplicación de diversas herramientas en el proyecto para determinar cuál es la opción más eficaz de las propuestas.

2. Conceptos teóricos

2.1 Generalidades del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007

El sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 es un sistema antiaéreo para baja y muy baja altura que está compuesto por: una dirección de tiro SKYDOR, que está compuesta por un puesto de mando y una unidad de sensores y el cañón bitubo 35/90 mm.



Ilustración 1: Unidad de sensores y Puesto de Mando [7]

Una unidad de tiro está compuesta por dos cañones 35/90 mm GDF-007 y una dirección de tiro SKYDOR, la cual es de entidad sección. Cada batería de armas está compuesta por tres secciones, siendo estas la unidad mínima de generación.

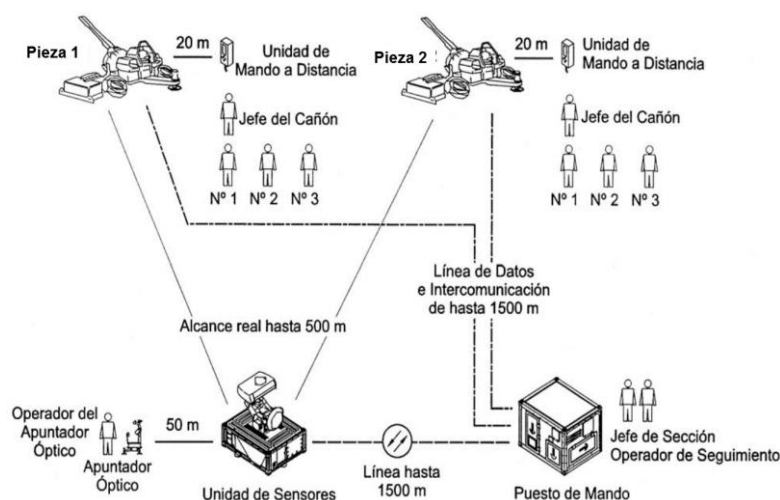


Ilustración 2: Unidad de Tiro SKYDOR 35/90 mm GDF-007 [7]

La batería es la unidad de generación de las Unidades de Defensa Antiaérea. La dirección de tiro SKYDOR, como bien se mencionó anteriormente, estaba compuesta por su puesto de mando y la unidad de sensores. La tripulación consta de dos operadores situados en el puesto de mando, por un lado, el jefe de sección y por otro lado el operador de seguimiento. Además, hay un tercer miembro que puede operar el

apuntador óptico. Tanto la unidad de sensores como el puesto de mando están conectados por cables de fibra óptica. La dirección de tiro SKYDOR surgió tras la consecución de un programa realizado entre el Ejército de Tierra, Defensa y las empresas Oerlikon-Contraves e IZAR.



Ilustración 3: Programa SKYDOR [7]

El cañón antiaéreo 35/90 GDF-007 es un arma automática compuesta por dos cañones automáticos de 35 milímetros, los cuáles están montados sobre un afuste giratorio y pueden ser disparados mecánicamente o eléctricamente. Se trata del único sistema cañón antiaéreo actualmente en servicio en el Ejército de Tierra. Tiene una cadencia de fuego de 550 disparos por minuto por cada tubo de la pieza, un alcance eficaz de 4000 metros y tiene una capacidad de munición de 280 disparos por pieza. Fue creado por la empresa suiza Oerlikon Contraves¹ y es utilizado por más de treinta países de entre los cuáles se encuentran: Austria, China, España, Irán, Japón, Reino Unido...

¹ Oerlikon Contraves es una empresa suiza que fue fundada en 1906 y una de sus misiones era fabricar artillería antiaérea. En 1923 se expandió estableciendo fábricas en Alemania y a día de hoy la empresa se llama Rheinmetall Air Defence AG la cual se ha convertido en el mayor fabricante de armamento alemán.



Ilustración 4: Cañón antiaéreo 35/90 GDF-007 [8]

A finales de los años cincuenta se desarrolló su primera versión la GDF-001, la cual fue adquirida por el ejército de Tierra en 1970 y tenía la misión de combatir aeronaves de ala fija y móvil. En el año 2003 se realizó un programa de modernización por parte de la sociedad anónima de Placencia de las armas, el cual duró dos años y pasó a ser la GDF-005. Éste cañón sufrió una serie de mejoras las cuáles iban enfocadas al aumento de la probabilidad de impacto y derribo de las aeronaves enemigas. A partir de éste momento se empezó a cuestionarse si dicho sistema de armas sería capaz de combatir contra amenazas de tipo cohetes, artillería y morteros. Unos años después pasó por su última modernización, la GDF-007, la cual se le añadió la capacidad de poder disparar munición AHEAD² con el objetivo de asegurar una alta precisión. Con esta mejora se consiguió mejores prestaciones para combatir contra amenazas tipo cohetes, artillería, morteros y UAS, pero con limitaciones [9], [10].

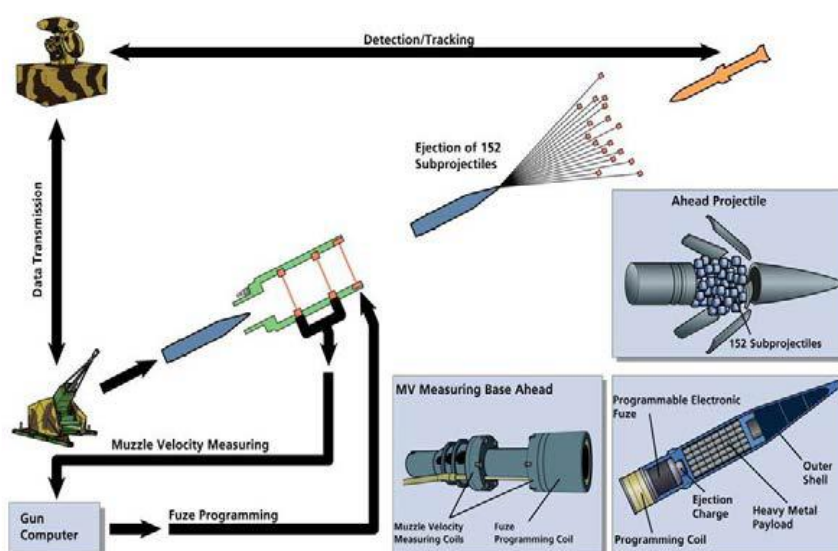


Ilustración 5: Secuencia de disparo con munición AHEAD [10]

Hoy en día, el cañón antiaéreo SKYDOR 35/90 mm GDF-007 es el único sistema de armas antiaéreo de este tipo del que se dispone en las Fuerzas Armadas, el cual,

² Munición tipo inteligente gracias al uso de una espoleta de tiempo programable con munición que lleva 152 subprojectiles los cuáles crean una barrera antimisil de casi 38 metros de diámetro. Es ideal para la defensa antimisil de punto.

dispone de una movilidad y despliegue en cualquier terreno y tiene la misión de defender contra ataques aéreos a baja y muy baja cota de puntos vitales, contribuir a la defensa de zona y a la proteger la fuerza que se determine, todo ello integrado en una unidad de defensa antiaérea.

2.2 Concepto C-RAM

Hoy en día, el escenario donde se llevan a cabo las operaciones que tienen la finalidad de restablecer las condiciones de seguridad ha cobrado una real importancia la búsqueda de una notable mejora de defensa de las fuerzas e infraestructura ante los ataques insurgentes.

El ataque terrorista del 11 de septiembre de 2001 propició que la OTAN propusiera un concepto para la defensa contra ataques terroristas para que posteriormente lo adoptaran diferentes países. En las numerosas misiones en el exterior en la que el enemigo ha sido del tipo asimétrico se ha observado el alto nivel de experiencia de las fuerzas OTAN y una de las áreas prioritarias sobre las que se centró el concepto fue la defensa contra ataques de mortero. En el año 2005 el ejército americano contabilizó recibir alrededor de 8000 granadas de mortero las cuales causaron la muerte a 85 militares. A este concepto se le ha añadido la defensa contra los ataques con proyectiles de artillería y cohetes tanto a personal como a infraestructuras. Este concepto es el que se define como C-RAM, que se ha convertido en una capacidad considerada por los ejércitos occidentales como prioritaria debido al enemigo tan perspicaz al que nos enfrentamos.

Por ello, se creó en el marco de la OTAN un grupo de estudios que paso a llamarse C-RAM ToE en 2013.

La dificultad que supone la amenaza RAM consiste en que hay que alertar o interceptar la munición enemiga antes de que impacte en nuestras instalaciones. Hay que añadir el grado de incertidumbre que hay a la hora de saber cuándo se van a producir los ataques enemigos, por lo cual, recalcar la gran importancia de tener una seguridad de 24 horas al día.

A nivel táctico, los insurgentes suelen lanzar cohetes o granadas de mortero desde un asentamiento situado en sus áreas urbanas utilizando a la población civil como escudo, sabiendo que consiguen ralentizar la capacidad de reacción de las fuerzas armadas. Esto quiere decir, que estamos ante un enemigo que, a pesar de usar procedimientos no normalizados, tienen células de inteligencia con la que recogen información sobre los procedimientos de las diferentes fuerzas que están desplegadas en el teatro de operaciones [11].

En definitiva, la defensa C-RAM tiene la misión de proteger el personal, objetivos e instalaciones contra todo ataque de cohetes, artillería y morteros. Los 7 pilares básicos de la defensa C-RAM son: prevención, detección, alerta, interceptación, protección, reacción o ataque y mando y control [11].

2.3 Capacidades C-RAM del de la Artillería Antiaérea

En cuanto a la detección de amenazas, se cuenta en dotación con el radar de exploración aérea RAC-3D que tiene hasta 100 kilómetros de alcance, el cual se integra con la dirección de tiro SKYDOR³. Se tiene constancia de que se han realizado ejercicios tipo C-RAM que consistían en detectar granadas de mortero a una distancia de 4 kilómetros desde el asentamiento donde se inició el lanzamiento.

En relación con la intercepción de amenazas, tendríamos una unidad formada por la dirección de tiro SKYDOR con cañones de 35/90 mm y munición AHEAD, los cuales tienen una capacidad de interceptación limitada ya que a pesar de contar con los 100 kilómetros de alcance del radar RAC-3D la dirección de tiro solo cuenta con un máximo de 20 kilómetros.



Ilustración 6: C-RAM Test [12]

Para este sistema es indispensable que se use bajo su unidad mínima de generación que es la batería porque si no se degradaría sus capacidades operativas además de sus limitaciones. [11]

2.4 Del C-RAM al C-EAT

La JCG GBAD es el encargado de estudiar la doctrina, la orgánica y los materiales de los países aliados en el ámbito de la defensa antiaérea.

³La dirección de tiro SKYDOR tiene un radar de adquisición y otro de seguimiento de 20 km de alcance.

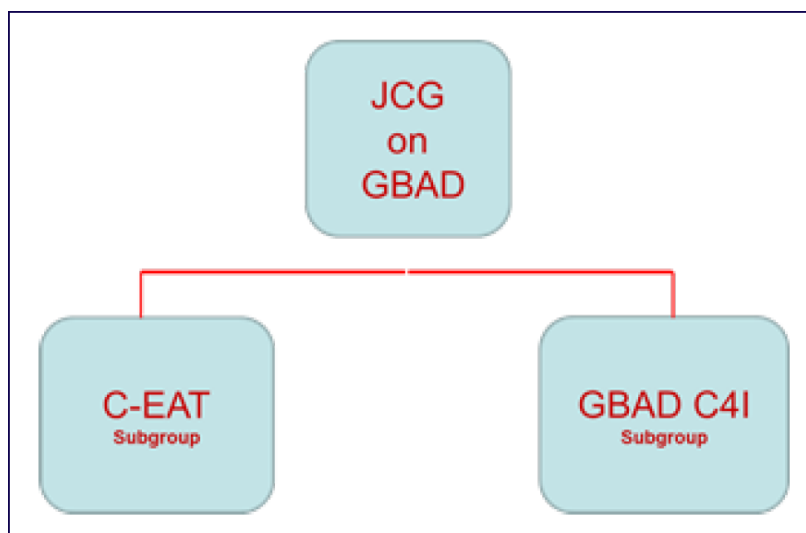


Ilustración 7: Estructura orgánica JCG GBAD (OTAN) [13]

El término C-EAT incluye el C-RAM más los sistemas aéreos no tripulados, los cuáles, cada vez más están cobrando más importancia en los ataques insurgentes dado la facilidad que hay para adquirir un ejemplar de éstos y la facilidad de aprendizaje para manejarlos. Los sistemas aéreos no tripulados a nivel OTAN son considerados como objetos que vuelan bajo, son de tamaño pequeño y son sigilosos.

Los vehículos aéreos no tripulados del tipo bajo, pequeño y sigiloso son aquellos objetos volantes que se presentan como una amenaza y cumpla una de las siguientes premisas:

- Furtividad: objetos de pequeño tamaño que dificulta la adquisición visual.
- Vuelo a baja altura
- Vuelo a baja velocidad

Todo esto implica la necesidad de unos medios capaces de combatir contra municiones y dispositivos de pequeño tamaño, los cuales se hace difícil la detección, adquisición, seguimiento e interceptación. Por consiguiente, habrá que disponer de unos medios de detección los cuales sean capaces de superar las siguientes exigencias:

- Exigencia de tiempos de respuesta y reacción pequeños.
- La escasa sección recta radar que tiene tanto los proyectiles como los UAS LSS que dificulta la detección, adquisición y seguimiento
- Se necesita una capacidad de interceptación de un alto nivel en caso de recibir múltiples ataques en tan poco tiempo con alto grado de seguridad.

En el año 2015 el nombrado anteriormente C-RAM ToE pasó a denominarse C-EAT ToE.

En el ejército de tierra el MADOC cuenta con un órgano llamado Grupo de Trabajo Logística del asesoramiento sobre diferentes temas tales como la adquisición de futuros materiales entre otros. Todo esto, lo realizan teniendo consecuencia con la política de la JCG GBAD⁴ siendo éste el mayor exponente a nivel OTAN frente a las amenazas RAM y EAT. [13]

⁴ Grupo internacional encargado de estudiar las capacidades de defensa antiaérea a nivel OTAN.

3. Stakeholders

Son las personas u organizaciones cuyos intereses pueden verse afectados de forma positiva o negativa en consecuencia de que se realice el proyecto o no. Por lo tanto, existe la importancia de identificarlos, tener en cuenta los requerimientos y gestionar sus expectativas [14].

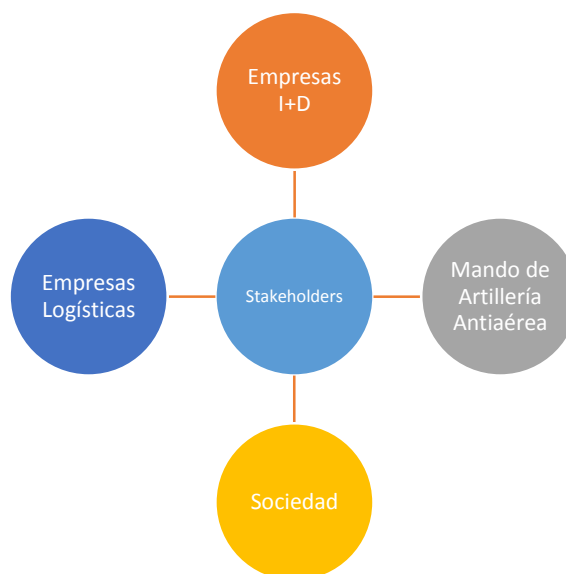


Ilustración 8: Stakeholders del proyecto [elaboración propia]

- **Empresas I+D:** En caso de optar por la opción de realizar un proceso de modernización del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 serían las más favorecidas, por lo contrario perderían una gran oportunidad por lo que es de su mayor interés proporcionar una buena oferta al Ejército de Tierra.
- **Empresas Logísticas:** Sea cual sea el resultado a éste elemento va a proporcionar altos beneficios a no ser que el proyecto se desestime, ya que se necesitará transporte logístico en cualquiera de las opciones. También es cierto que su interés será máximo en la propuesta de sustituir el actual sistema cañón por otro ya que esto incluiría un alto coste de transporte.
- **Mando de Artillería Antiaérea:** Éste es el mayor interesado del actual proyecto, ya que es el que está sufriendo directamente las limitaciones que tiene el sistema para poder cumplir su misión y por ende el Ejército de Tierra.
- **Sociedad:** Necesidad de defensa y coste de oportunidad del gasto en defensa. Por otra parte El hecho de asumir un proyecto de este calibre podría incurrir una serie de creación de puestos de trabajo tanto en las empresas logísticas y de I+D como en el propio Ejército de Tierra.

4. Análisis DAFO

En este apartado se realiza un análisis DAFO para determinar la situación en la que se encuentra España para determinar algunas conclusiones referentes a la adquisición de los sistemas alternativos al sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007.

El análisis DAFO es una técnica basada en el análisis de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades tanto en el ámbito empresarial como individual. Toda la información se presenta en una tabla para conocer la situación actual de nuestro proyecto y conocer la mejor estrategia con la que conseguir el éxito en el futuro [15].



Tabla 1: Análisis DAFO [elaboración propia]

En primer lugar de todo hay que tener en cuenta que esta herramienta se ha considerado al gobierno de España como organización principal ya que sería el agente decisor o comprador de la adquisición de los sistemas alternativos al sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007.

En cuanto a las fortalezas destacar que España por historia siempre ha sido un lugar muy importante por la situación geoestratégica [16]. En caso de realizar el proceso de modernización del SKYDOR 35/90 mm GDF-007 muchas empresas estarían dispuestas a invertir creando nuevos puestos de trabajo que ayudarían a reducir la tasa de paro. Por contrario, en caso de realizar la adquisición del Centurion C-RAM o el Skyshield no se dispondría de la fortaleza anteriormente dicha. También, tener en cuenta que el hecho de pertenecer a organizaciones tales como la Unión Europea y la OTAN hacen posible tener una buena reputación a la hora de querer emprender proyectos de gran importancia.

En el caso de las oportunidades, si finalmente sucede el brexit por parte del Reino Unido, podría colocar a las Fuerzas Armadas españolas en una mejor posición de la Unión Europea de la actual. Si la opción más viable fuese el proceso de modernización del SKYDOR 35/90 mm GDF-007, España se colocaría en una posición importante ya que ningún país ha realizado una actualización de dicho sistema el cual lo tienen un total de 34 países en todo el mundo [17]. Por lo cual, si otros países decidieran sumarse al proceso de modernización del SKYDOR 35/90 mm GDF-007 consistiría de un proyecto a nivel internacional liderado por España. Otro actor que se vería favorecido serían las empresas de I+D ya que el desarrollo del proyecto conllevaría a la creación de puestos de trabajo debido a su envergadura.

Las debilidades están directamente relacionadas con la economía y con la política. Tras la crisis sufrida en el año 2008 se produjeron una serie de restricciones que afectaron a España, y por ende al Ministerio de Defensa. Las más destacadas fueron los recortes en presupuestos de operaciones y mantenimiento en un intento de proteger la estructura del ejército y sus programas de modernización [18]. Otro factor importante es la incertidumbre política en la que se encuentra España que afecta al diseño de los presupuestos.

Las amenazas se centran principalmente en el aspecto económico. Fundamentada por la guerra arancelaria que inició los Estados Unidos, la crisis ocasionada por el brexit por parte del Reino Unido y la posible próxima recesión mundial que está al caer.

Del análisis DAFO realizado podemos extraer las siguientes premisas:

- Realizar el proceso de modernización sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 es una gran oportunidad y la opción más eficaz al mismo tiempo, en vez de realizar una adquisición de un nuevo sistema de armas. Añadir que también sería la opción más sensata debido a la solvencia de la que se dispone en España.
- Como ya se ha mencionado antes, el cañón 35/90 mm GDF-007 no tiene que envidiar nada a ningún cañón antiaéreo del momento al cumplir las capacidades principales de la artillería cañón. También al ser un cañón con pocos componentes electrónicos, la reparación de averías se hace más sencilla. Sus limitaciones principalmente se deben a las capacidades que le brinda la dirección de tiro SKYDOR y su unidad de sensores.
- No habría que realizar un proceso de adaptación a gran escala ya que se mantendría el mismo sistema de armas pero con una serie de modificaciones realizadas.

5. Estudio de viabilidad técnica y económica

En este apartado analizamos la viabilidad técnica y económica de las diferentes alternativas al sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007. Para ello es preciso disponer de toda la información posible para determinar si el proyecto debe ejecutarse o no [19]. Inicialmente, realizamos un análisis de viabilidad técnica que delimita los requerimientos técnicos que deben satisfacer los sistemas alternativos al sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 para alcanzar el objetivo fijado por la Defensa Artillería Antiaérea. En el

análisis de mercado presentamos los sistemas alternativos considerados en este trabajo final de grado:

- Centurion C-RAM(Land Phalanx CIWS)
- Skyshield
- Modernización del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007

La viabilidad técnica trata de determinar una serie de requisitos que debe de cumplir un producto para cumplir con la misión para la que fue fabricado. Los requisitos técnicos que deberá cumplir el sistema para hacer frente a las diferentes amenazas son los siguientes [10], [13]:

- Ser capaz de enfrentarse a las amenazas cohetes, artillería, morteros y sistemas aéreos no tripulados.
- Ser compatibles a nivel OTAN.
- Seguridad frente a contramedidas electrónicas.
- Tener alta movilidad para poder desplegar en cualquier tipo de terreno y poder llegar a él.

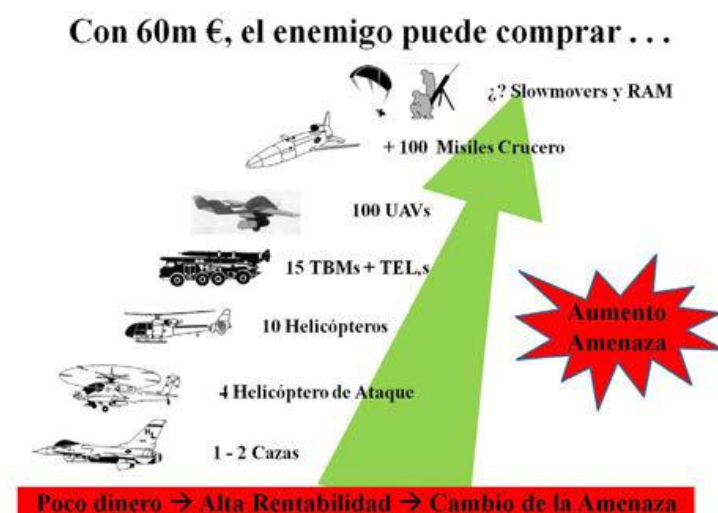


Ilustración 9: Amenazas enemigas de bajo coste [10]

Como bien se puede apreciar en la ilustración anterior, el enemigo puede adquirir desde amenazas RAM hasta un caza. Para tener la capacidad de detener las diferentes amenazas con las cuales el enemigo puede apropiarse es de vital importancia cumplir los requisitos expuestos anteriormente.

Desde el punto de vista técnico se han elegido las tres propuestas ya mencionadas porque son los únicos sistemas de artillería antiaérea tipo cañón que actualmente están en dotación en los países de la OTAN. Es cierto, que ciertos países no amigos disponen de estos sistemas pero se han desechado automáticamente al no cumplir el requisito de tener compatibilidad OTAN.

Con lo cual realizar el proyecto sería viable técnicamente ya que actualmente se dispone de un sistema de artillería antiaérea tipo cañón con capacidad limitada frente a las amenazas existentes de la artillería cañón hoy en día.

Con respecto a la viabilidad económica se ha realizado una comparación de los precios de las diferentes alternativas. Además, la alternativa de modernizar el sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 no ha sido posible determinar el coste total ya que no se tiene permiso para acceder a dicha información al ser clasificada.




			
Alternativa	Centurion C-RAM	Skyshield	Modernización del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007
Precio por batería	100 millones de €	75 millones de €	-
Precio total a nivel Ejército	500 millones de €	375 millones de €	-

Tabla 2: Precios de las diferentes alternativas [elaboración propia]

Los contratos de las diferentes alternativas serían del tipo precio fijo [20] los cuáles incluirían:

- Los gastos de adquisición del sistema propiamente dicho.
- Los gastos de mantenimiento.
- Los gastos logísticos.

A pesar de desconocer el valor del proceso de modernización hay que tener en cuenta varias conclusiones realizadas anteriormente en el DAFO. Por un lado, que tras la crisis de 2008 se ha potenciado el intentar mantener la estructura del ejército e impulsar los proyectos de modernización. Esto quiere decir que cuando España ha realizado o planeado hacer un proceso de modernización de un sistema de armas ha sido más económico que por contrario la adquisición de un sistema nuevo. Un ejemplo claro que tenemos en la artillería antiaérea tipo misil fue una propuesta de mejora que se realizó para el MIM-23 Hawk en el cuál existían las siguientes diferencias de precio:

			
Alternativa	Sistema de misiles Patriot [21]	Aster 30-SAMP/T [22]	Modernización del Sistema misil Hawk [23]
Precio por batería	950 millones de €	281 millones de €	10 millones de €
Precio nivel ejército ⁵	5700 millones de €	1686 millones de €	60 millones de €

Tabla 3: Ejemplo de modernización del sistema Hawk [elaboración propia]

Es cierto que esta anterior comparación no elimina la incertidumbre por completo de realizar el proceso de modernización del SKYDOR 35/90 mm GDF-007 pero a la vista de los resultados está la diferencia entre una modernización y una adquisición. También un aspecto relevante a tener en cuenta es que la empresa Rheinmetall AG es la desarrolladora tanto del Skyshield como del Sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007, lo cual sería un punto a favor ya que los procesos de adaptación serían menores que por contrario con el sistema americano Centurion C-RAM Otro factor extraído directamente del DAFO es que debido a la solvencia actual en España no se podría inmiscuir en una adquisición de un nuevo sistema de armas.

Por lo cual, la opción más viable que podríamos llevar a cabo analizando los precios de las diferentes alternativas de artillería antiaérea tipo cañón sería la modernización. Se ha decidido establecer un límite de precio el cual se ha consultado con el cuadro de mandos de la 1ª batería del GAAA II/32 para acotar la opción de modernización: el precio máximo que se pagaría por la modernización para cada batería sería de alrededor 20 millones de euros por batería la cual se ha consultado mediante conversaciones con el grupo de expertos.

⁵ El ejército español cuenta con 6 baterías de artillería antiaéreo de misil Hawk.

6. Alternativas consideradas. Análisis de mercado

Debido a los grandes avances tecnológicos de los que el enemigo dispone a día de hoy es muy importante tener un sistema de armas que sea capaz de combatir cualquier tipo de amenaza y que sea posible cumplir la misión para la que fue concebido. El sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 tiene ciertas limitaciones (véase [ANEXO A](#)) frente a otros sistemas de armas, que tienen mayor capacidad operativa porque disfrutan de un uso de la tecnología más novedosa.

A continuación se presenta la siguiente tabla la cual muestra las alternativas consideradas en el proyecto para el cumplimiento de la misión con los requisitos técnicos ya indicados anteriormente:


				
	Centurion C-RAM	Skyshield	Sistema SKYDOR 35/90 MM GDF-007	Modernización sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007
Capacidad C-RAM	✓	✓	Limitada	✓
Capacidad C-EAT	Limitada	✓	X	✓
Contramedidas electrónicas	✓	✓	✓	✓
Alta movilidad	✓	✓	✓	✓

Tabla 4: Requisitos de las diferentes alternativas [elaboración propia]

La elección de dichas opciones viene justificada por el cumplimiento de la viabilidad técnica, explicada en el apartado anterior, por parte de todas las opciones consideradas.

En cuanto al Centurion C-RAM a pesar de tener capacidad C-EAT limitada se ha decidido no excluirlo del estudio del mercado ya que no se cree que afecte en mayor

medida al cumplimiento de su misión. Ya que el motivo de que sea limitado es debido a que el ejército americano no utiliza este sistema contra sistemas aéreos no tripulados.

En referencia al Sistema SKYDOR 35/90 MM GDF-007 podemos observar que la capacidad C-RAM es limitada. Hasta el momento sólo se han conseguido detectar la amenaza a una distancia de 4 kilómetros, distancia la cual es bastante cercana en comparación con la velocidad que puede ir un proyectil, cohete o mortero por lo que se tendría una velocidad de respuesta muy baja. Y además, no es capaz de detectar sistemas aéreos no tripulados.

A continuación analizaremos las diferentes alternativas de forma individual, las características de cada uno de ellos para estudiar en profundidad las capacidades que pueden ofrecernos y comprobar así las ventajas y desventajas que ofrecen sobre el sistema que se encuentra actualmente en dotación.

6.1 Centurion C-RAM (Land Phalanx CIWS)

El Centurión surgió de una adaptación del Phalanx CIWS de la armada estadounidense. Fue diseñado y creado por General Dynamics Corporation y Raytheon. Consta de un cañón Vulcan M61A1 de 20 mm tipo gatling guiado por radar y montado sobre base giratoria. Es uno de los sistemas de armas más famosos en el mundo de la Armada y son muchos los diferentes tipos de buques que lo portan. El Phalanx CIWS lo disponen actualmente un total de 15 naciones aliadas [24] [25].



Ilustración 10: Phalanx CIWS [25]

Su creación y desarrollo comenzó en 1973 con sus primeros prototipos pero no fue hasta 1978 hasta que se dio el visto bueno para comenzar su producción. En 1984 los marines ya tenían instalado el Phalanx CIWS tanto en sus portaviones como en sus buques no combatientes.

Su variante para las unidades terrestres es el Centurión Land Phalanx Weapons System, el cual, tiene la capacidad de combatir contra misiles de corto alcance, cohetes, artillería y fuego de morteros. Fue una solución que se empezó a utilizar en las bases americanas que estaban en Iraq allá por el año 2005 debido a los continuos ataques de mortero que sufrían y las bajas e heridos que tenían constantemente. Cada sistema consta de un Phalanx modificado, un generador y una dirección de tiro montado todo en un remolque. Se mantuvo el cañón Vulcan M61A1 de 20 mm tipo gatling con una

cadencia de 4500 disparos por minuto. Los registros nos dicen que los americanos en 4 años consiguieron evitar alrededor de 100 ataques de morteros por lo que fue una gran inversión con la que se salvan muchas vidas. El Centurión dispone del mismo radar que tiene el Phalanx CIWS, el radar de banda Ku. Puede llegar a defender un área de 1,3 kilómetros cuadrados y tiene la capacidad de poder utilizar la munición HEIT-SD.



Ilustración 11: Centurion Land Phalanx Weapons System [10]

Con respecto al sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007, el hecho de que todos los componentes del Centurion Land Phalanx Weapons System esté dispuesto en un mismo remolque nos evita la necesidad de estar teniendo que utilizar camiones tipo grúa y tener que estar subiendo y bajando la unidad de sensores y la dirección de tiro cada vez que se va a entrar en posición⁶. Todo esto se traduce en ahorro de tiempo y dinero por lo tanto obtendremos más eficacia a la hora de desempeñar nuestra misión. El precio estimado que costaría cada batería de unidades de Centurion Land Phalanx Weapons System sería de unos 100 millones de dólares.

Es cierto que el Phalanx CIWS no es un sistema reciente pero al contrario el Centurion Land Phalanx Weapons System, que no es otro que su actualización del propio sistema para unidades de tierra en un remolque, pues es bastante moderno y por ello podremos disponer de un largo tiempo de repuestos para las diferentes averías que se tengan en dicho sistema de armas. Por otro lado, otro aspecto positivo es que al ser un sistema que lo tienen muchos países en dotación, la gran facilidad que se tendría para integrar a nivel OTAN en zona de operaciones sería muy amplia.

6.2 Skyshield

El Skyshield [26] es un sistema de artillería antiaérea tipo cañón desarrollado por la empresa Rheinmetall Air Defense⁷ de calibre 35 milímetros de corto alcance el cual surgió con el objetivo de proteger las bases desplegadas del ejército alemán en Afganistán. Su creación se hizo efectiva en el año 2007 cuando la Oficina Federal Alemana de Tecnología y Defensa y Compras alemana ejecutó su compra concluyéndose la adquisición del mismo con ejercicios de fuego real como prueba de

⁶ Acción denominada que en Artillería se utiliza para indicar que las piezas se colocan en su posición táctica en el terreno para estar preparadas para abrir fuego en cuanto se ordene.

⁷ Anteriormente se llamaba Oerlikon Contraves, la creadora del SKYDOR 35/90 mm GDF-007

su eficacia. [9] Su unidad mínima de generación es la llamada Mantis Air Defense System que es de entidad batería.



Ilustración 12: Mantis Air Defense [27]

La misión principal del Mantis Air Defense System es la de defender los puntos vitales o realizar una defensa de zona frente a ataques con cohetes, artillería y morteros y LSS. Este sistema está compuesto por seis cañones Skyshield antiaéreos automáticos, dos unidades de sensores y una dirección de tiro. La unidad de sensores de la que dispone detecta las amenazas cuando se encuentran a tres kilómetros del sistema de defensa lo que permite el tiempo necesario para hacer el seguimiento del objetivo para posteriormente su derribo. También detecta la posición de los insurgentes desde donde abrieron fuego con su respectiva trayectoria y el punto donde caerá la amenaza.

Un aspecto positivo a tener en cuenta en caso de adquirir el Mantis Air Defense es que es fácilmente transportable, es decir, se puede utilizar como sistema fijo por un tiempo indeterminado o fácilmente transportarlo a donde se desee mediante camiones tipo grúa. Por otro lado, una gran ventaja es el poder utilizar la munición AHEAD, por lo que incurriría en la disminución de gastos al poder utilizar la misma munición que el SKYDOR 35/90 mm GDF-007. El precio de una unidad al completo del Mantis Air Defense System serían unos 75 millones de euros. [26]



Ilustración 13: Camión grúa del Skyshield [27]

6.3 Modernización del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007

La tecnología no ha parado de crecer ascendentemente y a día de hoy a la misión del SKYDOR 35/90 mm GDF-007 se le han sumado nuevas amenazas las cuáles se nos escapan debido a la antigüedad que tiene dicho sistema.

El proceso de modernización estaría enfocado a mejorar ciertos aspectos principales de la dirección de tiro, la unidad de sensores y el cañón antiaéreo. Las siguientes mejoras han sido consultadas a los expertos de la unidad siendo el cuadro de mandos de la 1º batería del GAAA II/32:

- Cañón antiaéreo 35/90 mm GDF-007:
 - Mejorar las prestaciones de software y hardware en referencia a los sistemas de armas tipo cañón del estado del arte actual. Sobre todo contra cohetes, artillería, morteros y los vehículos aéreos no tripulados.
 - Sustitución de materiales ligeros y resistentes mejorar la movilidad para poder desplegar en cualquier tipo de terreno.
 - La lucha contra amenazas del tipo vehículos aéreos no tripulados exigirá precisión y rapidez en el movimiento de los cañones por lo que habrá que mejorar sus servos.
 - Renovación de los recargadores automáticos ya que producen muchas interrupciones mientras se hace fuego y reduce la operatividad de la pieza.
- Unidad de sensores:
 - Mejorar prestaciones del software y hardware en referencia al estado del arte actual de los diferentes sistemas de búsqueda y seguimiento para combatir la amenaza contra amenazas de tipo cohete, artillería, morteros y vehículos aéreos no tripulados.
 - Añadir un dispositivo de jamming⁸ que suprima su señal de control.
 - Añadir un dispositivo de spoofing⁹ para poder mover la amenaza a una zona segura y evitar los mayores daños colaterales posibles.
- Añadir al apuntador óptico un excelente visor de aumentos que le permita identificar cualquier tipo de amenaza que incluya visión nocturna. Dirección de tiro SKYDOR:
 - Actualizar el software y hardware al estado del arte actual de las direcciones de tiro y asimismo hacer desaparecer las obsolescencias. Uso de pantallas táctiles, rugerización...
 - Incluir la compatibilidad de uso con otros cañones antiaéreos de nivel OTAN.
 - Añadir pantalla en la cual ver la cartografía del terreno y poder visualizar el despliegue táctico de la unidad.
 - Adoptar el IFF modo 5 para tener recibir las trazas directamente desde el COAAAS-M/L.
 - Mejorar el sistema de intercomunicación interno.

⁸ Es el efecto de producir interferencias de forma intencionada a la amenaza para que no llegue a su objetivo.

⁹ Es la acción de suplantación de identidad la cual te permite confundir a la amenaza y tomar el control sobre ella.

- Instaurar la capacidad de poder hacer llamadas selectivas a las diferentes piezas como al apuntador óptico

La realización de todas las anteriores mejoras en los diferentes dispositivos del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 cumpliría con los requisitos técnicos establecidos y por lo cual se podría cumplir la misión la cual a día de hoy no se cumple.

7. Análisis de riesgos

En este apartado realizamos un análisis de riesgo para poder detectar todos los riesgos que disponemos en las diferentes alternativas propuestas y aplicar una solución siempre y cuando sea posible, o por contrario tenerlo bajo control.

Un riesgo es todo aquel evento que si ocurre puede ocasionar un resultado positivo o negativo en el proyecto tanto en coste, alcance, tiempo o calidad. Es cierto que todo proyecto lleva consigo una incertidumbre que siempre está presente. El análisis de riesgos permite detectar los mismos para posteriormente transformarlos en oportunidades o si no es posible, al menos, tenerlos presente [28].

El resultado del análisis de riesgos se presenta en la siguiente tabla en la cual aparecen el número total de riesgos en base a la probabilidad de ocurrencia y al impacto que tendría cada uno. De tal forma sabríamos los riesgos que se tendría en las diferentes opciones posibles. La consideración de los diferentes riesgos y las valoraciones se han realizado mediante un brainstorming¹⁰ con el cuadro de mandos de la 1ª batería del GAAA II/32. A continuación se presenta la tabla de ejemplo con la cual posteriormente se realizará los diferentes análisis de riesgos de las diferentes alternativas:

Probabilidad	3	3B	3M	3A
	2	2B	2M	2A
	1	1B	1M	1A
		Bajo	Medio	Alto
		Impacto		

Tabla 5: Modelo de matriz de probabilidad e impacto [elaboración propia]

¹⁰ Método de trabajo en grupo que facilita la búsqueda de ideas originales para resolver problemas determinados.

7.1 Análisis de riesgos del Centurion C-RAM (Land Phalanx CIWS)

En el caso del Centurion C-RAM la matriz de riesgos es la siguiente (Véase tabla de análisis de riesgos en ANEXO D):

		Centurion C-RAM (Land Phalanx CIWS)		
Probabilidad	3	0	0	2
	2	0	1	2
	1	0	1	2
		Bajo	Medio	Alto
		Impacto		

Tabla 6: Matriz de probabilidad e impacto del Centurion C-RAM

Tenemos dos riesgos catalogados como críticos. Por un lado, existe un riesgo que tiene que ver con no poder afrontar los sobrecostos que se generen una vez comenzado el proyecto debido a la incertidumbre, atributos de diseño y la complejidad. Para apoyar esta afirmación hay que añadir que esta opción es la más cara, el precio de una batería de este sistema de armas esta alrededor de los 100 millones de €. También tener en cuenta la política tan agresiva que está tomando el país de los Estados Unidos por ello habrá que negociar mediante contrato lo más completos posibles. Por otro lado existe el riesgo de que el sistema no tenga la capacidad de combatir frente a sistemas aéreos no tripulados ya que no hay registros de haber combatido contra los mismos. Existen otros dos riesgos a tener en cuenta ya que son altos. Uno sería si se rompieran las relaciones con el país que suministra el material lo cual lo evitaríamos incluyendo cláusulas en el contrato de compra. Y por otro lado, el que el proceso de adaptación del nuevo sistema adquirido afectara la operatividad en las unidades. Para subsanar este riesgo lo óptimo sería realizar cursos de formación y aprendizaje previos a que el sistema llegue a las unidades.

7.2 Análisis de riesgos del Skyshield

Por otro lado, del sistema Skyshield se obtiene la siguiente matriz de riesgos (Véase tabla de análisis de riesgos [ANEXO E](#)):

		Skyshield		
Probabilidad	3	0	0	1
	2	0	0	1
	1	0	2	3
		Bajo	Medio	Alto
		Impacto		

Tabla 7: Matriz de probabilidad e impacto del Skyshield [elaboración propia]

El riesgo que aparece como crítico es el ya citado en el anterior análisis de no poder afrontar sobrecostes que se generen sobre el proyecto. A diferencia del sistema americano Centurion C-RAM, el precio de una batería Skyshield al completo es de alrededor de unos 75 millones de €. Y también se repite el riesgo de perder operatividad a la hora del proceso de adaptación de la implantación del nuevo sistema.

Una de las diferencias principales entre el análisis de riesgos entre el Centurion C-RAM y el Skyshield es que la ruptura de las relaciones entre España e Alemania es más difícil que ocurra que con los Estados Unidos. Con esto, no se quiere decir que una ruptura entre España y Estados Unidos pueda surgir fácilmente pero sí que haya mayor probabilidad. Es cierto que España y Alemania pertenecen a la Unión Europea y ambos a la OTAN junto con los Estados Unidos, pero, no es la primera vez que el país americano amenaza con salirse de la OTAN [29].

Otra de las cuáles es bastante relevante es que la empresa fabricante del Skyshield llamada Rheinmetall tiene una de sus sedes situadas en Alemania, mientras que, el Centurion C-RAM la tiene en los Estados Unidos, factor vital a la hora de cumplir los plazos de las reparaciones.

7.3 Análisis de riesgos del proceso de Modernización del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007

Finalmente, la matriz de riesgos correspondiente de la modernización del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF -007 (Véase tabla de análisis de riesgos [ANEXO F](#)):

		Modernización del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007		
Probabilidad	3	0	0	0
	2	0	1	1
	1	0	3	2
		Bajo	Medio	Alto
		Impacto		

Tabla 8: Matriz de probabilidad e impacto del proceso de la modernización SKYDOR 35/90 [elaboración propia]

Cabe destacar, que el proceso de modernización tiene como mayor riesgo el no poder sobreponerse a los sobrecostos que se originen en dicho proyecto principalmente debido a atributos de diseño, incertidumbre y complejidad. Por contrario, hay que tener en cuenta que en la mayoría de los proyectos de modernización han sido más económicos y eficaces que la adquisición de un nuevo material como el ejemplo propuesto anteriormente con el sistema de misil Hawk. Hay muchas piezas que pueden aprovecharse, el gasto logístico es muy inferior, los cursos de formación y aprendizajes son de ligera carga ya que es el mismo material con una actualización realizada.

8. Método AHP

El método de jerarquización analítica es una herramienta de toma de decisiones multicriterio. Fue propuesto por Thomas L. Saaty en el año 1980 [30] como método de toma de decisiones en el Departamento de los Estados Unidos. Consta de una serie de fundamentos matemáticos que nos dan la posibilidad de priorizar los criterios y sub-criterios de cada alternativa para finalmente llegar a la toma de decisiones. Para determinar los datos con los cuales se han realizado dicho método se ha contado con el apoyo del equipo de expertos compuesto por los cuadros de mando de la 1ª Batería del Grupo de Artillería Antiaérea perteneciente al Regimiento de Artillería Mixto nº 32. De esta manera utilizando esta herramienta se llegará a conocer la alternativa más eficiente. A continuación se muestran las diferentes alternativas ya presentadas en el análisis de mercado realizado anteriormente y los criterios (árbol de jerarquías, véase [ANEXO G](#)).

Alternativa 1	Centurion C-RAM
Alternativa 2	Skyshield
Alternativa 3	Modernización del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007

Tabla 9: Criterios método AHP [elaboración propia]

Criterio 1: Capacidad C-EAT
Criterio 2: Gastos
Criterio 3: Proceso de adaptación
Criterio 4: Reducción de riesgos
Criterio 5: Alta movilidad

Tabla 10: Criterios método AHP [elaboración propia]

El siguiente paso a realizar en este proceso es establecer prioridades entre las diferentes alternativas para cada criterio por separado. Los criterios y las prioridades fueron consultados al equipo de expertos ya citado anteriormente por medio de una encuesta (véase [ANEXO H](#) y [ANEXO I](#)). El tamaño de la muestra del equipo de expertos consistían en un total de 15 personas, con el motivo de que eran el total de cuadro de mandos presente en la batería, y por ende, las únicas personas capaces de asesorar. Asimismo Para ello, teniendo en cuenta la escala de Saaty (véase [ANEXO J](#)) se evalúa cada alternativa de cada columna con la de cada fila. Los cálculos se han realizado con la herramienta informática de ayuda a la decisión del curso Superior de Logística de Materiales e Infraestructura perteneciente a la Academia de Logística. A continuación se muestran las tablas de cada criterio con las diferentes alternativas con las que realizar el método AHP:

Gastos	Centurion C-RAM	Skyshield	Modernización SKYDOR	Pesos
Centurión C-RAM	1	1/3	1/7	0.08
Skyshield	3	1	1/5	0.19
Modernización SKYDOR	7	5	1	0.72

Tabla 11: Comparativa según gastos [elaboración propia]

Capacidad C-RAM Y C-EAT	Centurion C-RAM	Skyshield	Modernización SKYDOR	Pesos
Centurión C-RAM	1	1/9	1/7	0.06
Skyshield	9	1	3	0.65
Modernización SKYDOR	7	1/3	1	0.29

Tabla 12: Comparativa según capacidad C-RAM y C-EAT [elaboración propia]

Reducción de riesgos	Centurion C-RAM	Skyshield	Modernización SKYDOR	Pesos
Centurión C-RAM	1	1/3	1/9	0.07
Skyshield	3	1	1/7	0.15
Modernización SKYDOR	9	7	1	0.78

Tabla 13: Comparativa según la reducción de riesgos [elaboración propia]

Adaptación	Centurion C-RAM	Skyshield	Modernización SKYDOR	Pesos
Centurión C-RAM	1	1/3	1/9	0.07
Skyshield	3	1	1/7	0.15
Modernización SKYDOR	9	7	1	0.78

Tabla 14: Comparativa según la rapidez del proceso de adaptación [elaboración propia]

Movilidad	Centurion C-RAM	Skyshield	Modernización SKYDOR	Pesos
Centurión C-RAM	1	1/7	1/3	0.08
Skyshield	7	1	5	0.72
Modernización SKYDOR	3	1/5	1	0.19

Tabla 15: Comparativa según la movilidad [elaboración propia]

Una vez realizada la ponderación de cada criterio se presenta la siguiente matriz de decisión la cual muestra la alternativa más eficaz desde el punto de vista del método AHP:

Criterios	Pesos	Centurion C-RAM	Skyshield	Modernización SKYDOR
Gastos	0.50	0.08	0.19	0.72
Capacidad C-EAT	0.26	0.06	0.65	0.29
Reducción de Riesgos	0.13	0.07	0.15	0.78
Adaptación	0.07	0.07	0.15	0.78
Alta movilidad	0.03	0.08	0.72	0.19
		0.07	0.32	0.60

Tabla 16: Matriz de decisión final método AHP [elaboración propia]

Según la matriz de decisión final, se justifica que la alternativa más eficaz sería realizar la modernización del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007. Para corroborar que la realización de esta herramienta ha sido efectiva se ha comprobado la razón de consistencia en cada tabla de evaluación de criterios y de alternativas la cual tiene que ser menor que 0.1. (Véase [ANEXO K](#))

9. Conclusión

Una vez obtenidos los resultados de las diferentes herramientas aplicadas en el proyecto se llega a varias conclusiones:

En el caso del Centurion C-RAM es cierto que tiene varios aspectos positivos. Uno muy importante es el registro de los ataques C-RAM en misiones en el exterior con los que lograron salvar las vidas de muchas personas. Realizar este proyecto sería beneficioso para España ya que nos acercaría a los Estados Unidos la mayor potencia del mundo actualmente. Por contrario, estamos ante la opción de mayor coste que se ha propuesto en el estudio del mercado del proyecto. También añadir que el Centurion C-RAM no tiene capacidad de lucha contra los sistemas aéreos no tripulados los cuáles se han convertido en una prioridad para la artillería antiaérea tipo cañón. Estos son los motivos por los cuáles el sistema se ha desestimado.

El Skyshield es de los cañones antiaéreos de tipo cañón más competentes que hay en el mercado. La empresa que desarrolla dicho sistema de armas es la misma del SKYDOR 35/90 mm GDF-007, por lo cual se facilitarían las negociaciones de esta adquisición. En cuanto al aspecto económico estaría un peldaño por debajo de la adquisición del Centurion C-RAM. Tiene muy buenas prestaciones ante la lucha C-RAM y contra sistemas aéreos no tripulados. Por otro lado, llevar a cabo un proyecto de tal envergadura económica como es el de la adquisición de un nuevo sistema de armas de artillería antiaéreo para España en su situación actual sería inviable. Añadir que el cañón 35/90 mm GDF-007 no tiene nada que envidiar al Skyshield en lo que se refiere a características técnicas del cañón. Si es cierto que la unidad de sensores y la dirección de tiro del Skyshield son muy superior, por ello el proceso de modernización del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 del se centra en mejorar ciertos elementos.

Llevar a cabo el proceso de modernización del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 en España sería una gran oportunidad ya que lo tienen una gran cantidad de países en dotación. Podría colocar al país a la cabeza de un proyecto de gran importancia a nivel internacional. Añadir que se reducirían los gastos considerablemente al poder aprovechar muchos componentes tanto del cañón, unidad de sensores y la dirección de tiro. También el hecho de mantener el sistema no habría que realizar procesos de adaptación al nuevo sistema de gran escala y además los costes logísticos disminuirían ya que solo habría que transportar las piezas necesarias para realizar la transformación.

Finalmente, tras utilizar el método AHP como herramienta decisiva la cual ha tenido en cuenta el análisis DAFO y análisis de riesgos, se concluye que las mejores opciones son el Skyshield y el proceso de modernización del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007. Sin embargo, debido a la gran diferencia de precio descartamos la primera opción y concluimos que la modernización del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 es la más viable teniendo en cuenta el análisis de precios y teniendo en cuenta el compute de aspectos positivos que ha en base a realizar esta opción.

10. Bibliografía

- [1] T. C. D. C. J. G. Arias, «Capítulo 1. Los escenarios de empleo,» de *Libro Blanco de la Artillería 2025*, 2015, p. 23.
- [2] A. C. Calatrava, «El conflicto asimétrico,» Universidad de Granada, [En línea]. Available: <http://www.ugr.es/~ceas/Sociedad%20y%20seguridad/CABRERIZO.pdf>.
- [3] Ejército de Tierra, «Ejército de Tierra,» Ministerio de Defensa, 2019. [En línea]. Available: http://www.ejercito.mde.es/misiones/asia/turquia/90_active_fence_IX.html.
- [4] Ejército de Tierra, «Ejército de Tierra,» Ministerio de Defensa, 2019. [En línea]. Available: <http://www.ejercito.mde.es/unidades/index.html>.
- [5] Mando de adiestramiento y doctrina, «Capítulo 2 : Principios y fundamentos de empleo,» de *Empleo de la artillería antiaérea (Tomo I): capítulos*, 2016.
- [6] Ejército de Tierra, «Fundamentos de Empleo,» de *Empleo de la Artillería Antiaérea (Tomo I: Capítulos)[PD4-300]*, Centro Geográfico del Ejército, 2016, pp. 2-5,2-6.
- [7] Mando de adiestramiento y doctrina, Sistema 35/90 SKYDOR, 2011.
- [8] Boletín de Tierra, «Ejercicio de tiro antiaéreo de cañón 35/90 del Regimiento de Artillería Antiaérea nº 94,» Ejército de Tierra, [En línea]. Available: http://www.ejercito.mde.es/noticias/2018/06/6726_tiro_antiaereo_raaa.html.
- [9] «Rheinmetall AG defence,» 2019. [En línea]. Available: https://rheinmetall-defence.com/en/rheinmetall_defence/systems_and_products/weapons_and_ammunition/direct_fire/medium_calibre/index.php.
- [10] C. d. a. D. Claudio Alfonso Domínguez Saucedo, «La Artillería Antiaérea Cañón "Elemento irrenunciable",» *Memorial de Artillería*, nº 170-1, pp. 45-58, 2014.
- [11] Mando de Adiestramiento y Doctrina, Defensa C-RAM Concepto Derivado 01/14, 2014.
- [12] M. S. Robnett, «C-RAM System Testing at Yuma Proving Ground,» Arizona Western College, 2013. [En línea]. Available: <https://www.kawc.org/post/c-ram-system-testing-yuma-proving-ground>.
- [13] T. C. d. A. D. Luis Algara Fuentes, «Evolución de los conceptos del C-RAM al C-EAT,» *Memorial de Artillería*, nº 173-2, pp. 27-37, 2017.
- [14] A. P. Ucha, «Grupos de interés – Stakeholders,» Economipedia, 2019. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/grupos-de-interes.html>.
- [15] E. B. School, «Análisis DAFO : ¿qué es y cómo hacerlo?,» 2017. [En línea]. Available: <https://retos-directivos.eae.es/analisis-dafo-personal-que-es-y-como-hacerlo/>.
- [16] C. J. S. Méndez, «LA CRECIENTE IMPORTANCIA GEOESTRATEGICA DE LA,» [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4769437.pdf>.

- [17] Wikipedia, «Cañon antiaéreo 35/90 mm oerlikon,» 2019. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Oerlikon_35_mm.
- [18] B. N. López, «El impacto de la crisis económica,» 2013. [En línea]. Available: https://www.fundacionalternativas.org/public/storage/opex_documentos_archivos/186100660d3e84a09c14110073cba114.pdf.
- [19] AYCE LABORYTAX , «Consejos para hacer un estudio de viabilidad y comprobar si una idea de negocio es factible,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.aycelaborytax.com/blog/consejos-para-hacer-un-estudio-de-viabilidad/>.
- [20] S. Navarro, «Contratos de precio fijo,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.cursodireccionproyectos.com/2015/02/contrato-de-precio-fijo/>.
- [21] Actualidad RT, «Polonia firma el contrato para comprar a EE.UU. sistemas antimisiles Patriot,» *Actualidad RT*, 2018.
- [22] Missile defense advocacy alliance, «SAMP/T Air Defense System,» [En línea]. Available: <https://missiledefenseadvocacy.org/missile-defense-systems-2/allied-air-and-missile-defense-systems/allied-intercept-systems-coming-soon/sampt-air-defense-system/>.
- [23] T. C. D. J. S. Fernández, Extensión de vida del Sistema Hawk, 2018.
- [24] U. S. A. A. s. center, «COUNTER-ROCKET, ARTILLERY, MORTAR (C-RAM) INTERCEPT LAND-BASED PHALANX WEAPON SYSTEM (LPWS),» [En línea]. Available: https://asc.army.mil/web/portfolio-item/ms-c-ram_lpws/.
- [25] Wikiwand, «Phalanx CIWS,» 2019. [En línea]. Available: https://www.wikiwand.com/en/Phalanx_CIWS#/Centurion_C-RAM.
- [26] Wikiwand, «Skyshield,» [En línea]. Available: <https://www.wikiwand.com/en/Skyshield>.
- [27] Military Leak, «Oerlikon Skyshield Air Defence System,» 2018. [En línea]. Available: <https://militaryleak.com/2018/09/25/oerlikon-skyshield-air-defence-system/>.
- [28] Instituto Nacional de Ciberseguridad, «Análisis de riesgos,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.incibe.es/protege-tu-empresa/blog/analisis-riesgos-pasos-sencillo>.
- [29] Sputnik Mundo, «Pánico en Washington: ¿Trump amenaza con abandonar la OTAN?,» pp. <https://mundo.sputniknews.com/politica/201901151084742158-trump-amenaza-con-abandonar-la-otan/>, 2019.
- [30] V. Y. Piqueras, «Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP),» 2018. [En línea]. Available: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/>.
- [31] Oerlikon Rheinmetall Defence, «Oerlikon Skyshield MOOTW / C-RAM System,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.ceptm.iue.edu.ar/pdf/RAMSystem.pdf>.

11. Anexos

ANEXO A. Generalidades del cañón antiaéreo 35/90 mm GDF-007

Entrada en servicio	1970	Velocidad de disparo	690 m/s
Lugar de origen	Suiza	Capacidad	C-RAM con limitaciones
Calibre	35 mm	Transporte	Remolcado
Cadencia de tiro	1100 disparos/minuto	Longitud	3.15 m
Alcance eficaz	4 km	Peso	7500 kg
Munición que emplea	-Convencional -AHEAD	Radar	De adquisición y seguimiento con un alcance de 20 kilómetros

Tabla 17: Generalidades del cañón antiaéreo 35/90 mm GDF-007 [7]

ANEXO B. Generalidades del Centurion C-RAM (Land Phalanx CIWS)

Entrada en servicio	2005	Velocidad de disparo	1100 m/s
Lugar de origen	Los Estados Unidos	Capacidad	C-RAM
Calibre	20 mm	Transporte	Remolcado
Cadencia de tiro	4500 disparos/minuto	Longitud	4.7 m
Alcance eficaz	4 km	Peso	6250 kg
Munición empleada	Convencional	Radar	Ku band [25]

Tabla 18: Generalidades del Centurion C-RAM [25]

ANEXO C. Generalidades Skyshield

Entrada en servicio	2007
Lugar de origen	Alemania
Calibre	35 mm
Cadencia de tiro	550 disparos/minuto
Alcance eficaz	4 km
Munición empleada	-Convencional -AHEAD

Velocidad de disparo	3
Capacidad	C-RAM C-EAT
Transporte	Remolcado
Longitud	3 m
Peso	3000 kg
Radar	Radar de búsqueda y seguimiento

Tabla 19: Generalidades Skyshield [elaboración propia] [9] [26], [31]

ANEXO D. Tabla de análisis de riesgos del Centurion C-RAM (Land Phalanx CIWS)

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Clasificación	Solución	Reclasificación
No poder asumir el sobrecoste en el proyecto	3	Alto	3A	Realizar recortes en las tareas de menor importancia del proyecto	2M
Que la empresa proveedora quiebre	1	Alto	1A	Buscar otras empresas capaces de desarrollar este proyecto en caso de ocurrencia	1B
Que empeoren las relaciones con el país fabricante	2	Alto	2A	Reflejarlo en el contrato de compra del proyecto.	2B
Que el proyecto quede desfasado y haya escasez de repuestos	1	Alto	1A	Realizar acuerdos en caso de que ocurra esta situación, crear dependencias en España que continúen esta labor.	1B
Que las reparaciones no se efectúen en tiempos relativamente cortos	2	Medio	2M	Es vital que se produzca la entrega just in time. En caso contrario reflejar penalizaciones en el contrato de compra.	1M
Que nuestro sistema no sea compatible a nivel OTAN	1	Medio	1M	Realizar proceso adaptación a nivel OTAN	1B
Que el proceso de adaptación del nuevo proyecto afecte a la operatividad	2	Alto	2A	Impartir cursos de formación y aprendizaje del nuevo sistema de armas	1B
Que nuestro sistema no tenga capacidad de contrarrestar los ataques de los sistemas aéreos no pilotados	3	Alto	3A	Realizar acuerdos de mejoras del sistema para poder combatir dicha amenaza	2A

Tabla 20: Tabla de análisis de riesgos del Centurion C-RAM [elaboración propia]

ANEXO E. Tabla de análisis de riesgos de Skyshield

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Clasificación	Solución	Reclasificación
No poder asumir sobrecostos en el proyecto	3	Alto	3A	Realizar recortes en las tareas de menor importancia del proyecto	2M
Que la empresa proveedora quiebre	1	Alto	1A	Buscar otras empresas capaces de desarrollar este proyecto en caso de ocurrencia	1B
Que empeoren las relaciones con el país fabricante	1	Alto	1A	Reflejarlo en el contrato de compra del proyecto.	1B
Que el proyecto quede desfasado y haya escasez de repuestos	1	Alto	1A	Realizar acuerdos en caso de que ocurra esta situación, crear dependencias en España que continúen esta labor.	1B
Que las reparaciones no se efectúen en tiempos relativamente cortos	1	Medio	1M	Es vital que se produzca la entrega just in time. En caso contrario reflejar penalizaciones en el contrato de compra.	1B
Que nuestro sistema no sea compatible a nivel OTAN	1	Medio	1M	Realizar proceso adaptación a nivel OTAN	1B
Que el proceso de adaptación del nuevo proyecto afecte a la operatividad	2	Alto	2A	Impartir cursos de formación y aprendizaje del nuevo sistema de armas	1B

Tabla 21: Tabla de análisis de riesgos del Skyshield [elaboración propia]

ANEXO F. Tabla de análisis de riesgos de Modernización SKYDOR

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Clasificación	Solución	Reclasificación
No poder asumir sobrecostos en el proyecto	2	Medio	2M	Estar en prevención en todo momento y tener un capital de emergencia por si hay modificaciones de precio en el proyecto	1B
Que la empresa proveedora quiebre	1	Alto	1A	Buscar otras empresas capaces de desarrollar este proyecto en caso de ocurrencia	1M
Que empeoren las relaciones con el país fabricante	1	Alto	1A	Reflejarlo en el contrato de compra del proyecto.	1B
Que el proyecto quede desfasado y haya escasez de repuestos	1	Medio	1M	Realizar acuerdos en caso de que ocurra esta situación, crear dependencias en España que continúen esta labor.	1B
Que las reparaciones no se efectúen en tiempos relativamente cortos	1	Medio	1M	Es vital que se produzca la entrega just in time. En caso contrario reflejar penalizaciones en el contrato de compra.	1B
Que nuestro sistema no sea compatible a nivel OTAN	1	Medio	1M	Realizar proceso adaptación a nivel OTAN	1B
Que el proceso de adaptación del nuevo proyecto afecte a la operatividad	1	Medio	1M	Impartir cursos de formación y aprendizaje del nuevo sistema de armas	1B

Tabla 22: Tabla de análisis de riesgos del proceso de Modernización SKYDOR [elaboración propia]

ANEXO G. Árbol de jerarquías método AHP

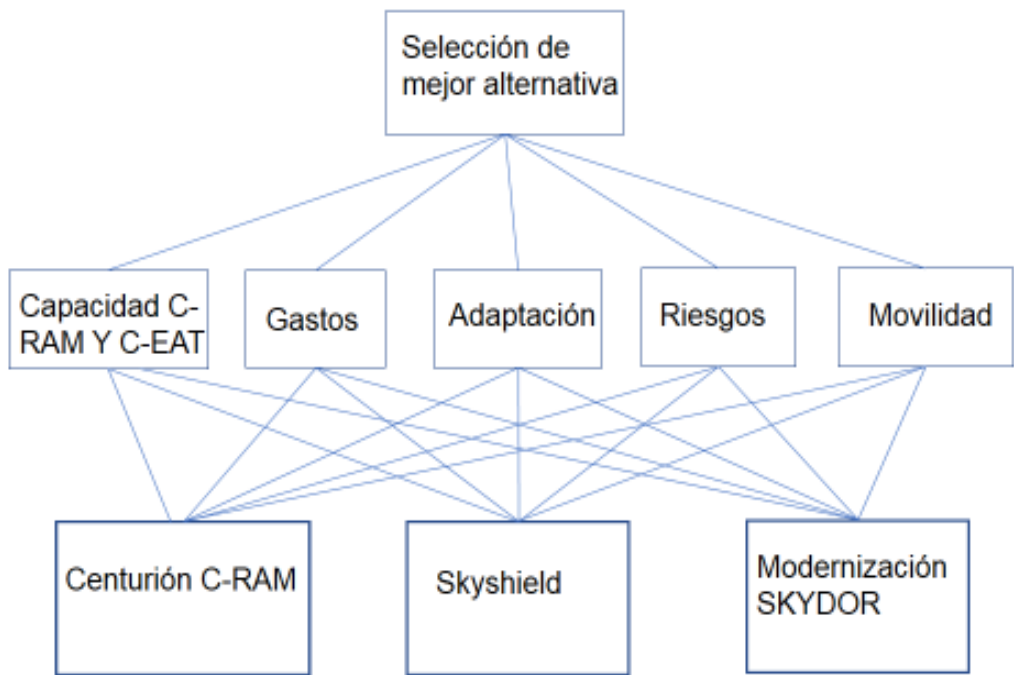


Ilustración 14: Árbol de jerarquías, método AHP [elaboración propia]

ANEXO H. Encuesta realizada al equipo de expertos

Estimado Sr. / Sra.:

Se presenta el Caballero Alférez Cadete Antonio Javier Fuentes Melián. Ante todo, agradecerle su colaboración por participar en la siguiente encuesta ya que servirá como método de recopilación de información para el trabajo final de grado que estoy realizando.

Primera parte de la encuesta

1. ¿Cómo valora el sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 en una escala del 1 al 10, siendo el 1 la menor y 10 la mayor?
2. ¿Valore el sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 frente a la lucha C-RAM Y C-EAT en una escala del 1 al 10, siendo el 1 la menor y 10 la mayor?
3. ¿Qué cree que sería más eficaz, sustituir el sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 o por lo contrario realizarle un proceso de modernización?
4. ¿En caso de sustituir el sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 por otro, cree que sería importante realizar cursos de adaptación al nuevo sistema?
5. ¿Valore la movilidad de que dispone el sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 en una escala del 1 al 10, siendo 1 la menor y 10 la mayor?

Segunda Parte de la encuesta

- En cada pregunta elija la opción que cree más idónea:

6. Desde el punto de vista económico:

- Centurion C-RAM (Land Phalanx CIWS): 100 millones de € por batería
- Skyshield: 75 millones de € por batería
- Modernización del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007: no se sabe el coste pero se sabe que se podrán utilizar muchas piezas de las ya presentes y habrá un gran ahorro de costes logísticos. Además, debido a los registros un proceso de modernización suele ser más económico que la adquisición de uno nuevo.

7. Desde el punto de vista de la capacidad en la lucha C-RAM y C-EAT:

- Centurion C-RAM (Land Phalanx CIWS)
- Skyshield
- Modernización del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007

8. Desde el punto de vista de la rapidez de adaptación del nuevo sistema:

- Centurion C-RAM (Land Phalanx CIWS)
- Skyshield
- Modernización del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007

9. Desde el punto de vista de la movilidad:

- Centurion C-RAM (Land Phalanx CIWS)
- Skyshield
- Modernización del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007

ANEXO I. Resultados encuesta equipo de expertos

1. A la pregunta número uno la cual valoraba el equipo de expertos como es el sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 ha salido una media de 6.86 sobre 10, lo cual a pesar de tener ciertas limitaciones vemos que es un sistema con buena reputación.
2. La media de la capacidad contra la amenaza C-RAM y C-EAT es de un 3.6, con lo cual, se conoce bien las limitaciones que tiene dicho sistema contra este tipo de amenazas.

3.Modernización o Adquisición

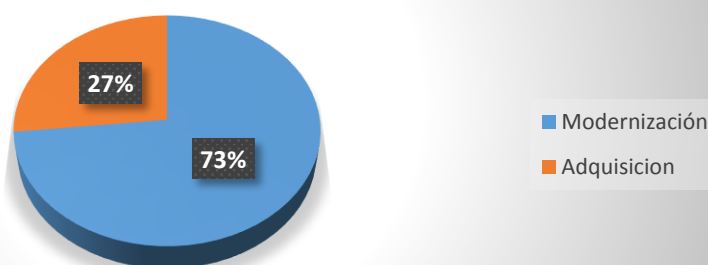


Ilustración 15: Gráfico circular 1[elaboración propia]

4.Proyecto de Adaptación

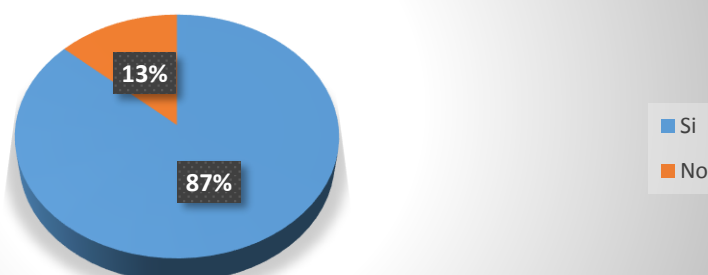


Ilustración 16: Gráfico circular 2[elaboración propia]

5. La movilidad del sistema SKYDOR 35/90 mm GDF-007 con una media de 7.2 para los expertos deja bien expuesto que a pesar de lo antiguo que es el sistema no tiene problemas para desplazarse por distintos terrenos.

6.Gastos

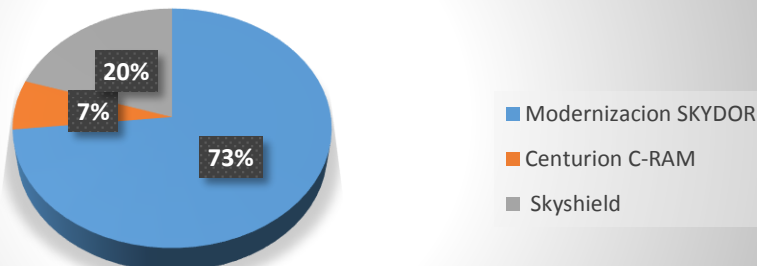


Ilustración 17: Gráfico circular 3[elaboración propia]

7.Capacidad C-RAM Y C-EAT

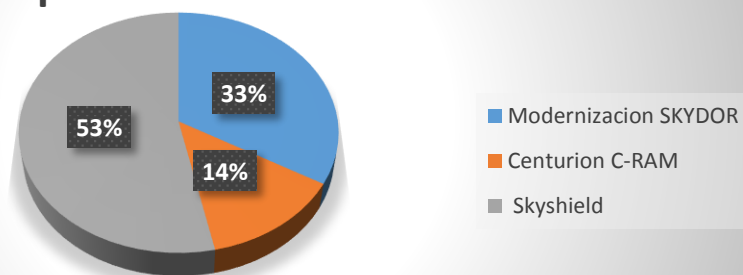


Ilustración 18: Gráfico circular 4[elaboración propia]

8.Rapidez Adaptación

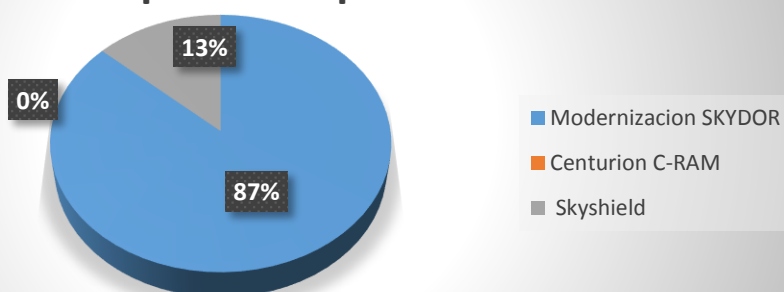


Ilustración 19: Gráfico circular 5[elaboración propia]

9.Alta movilidad

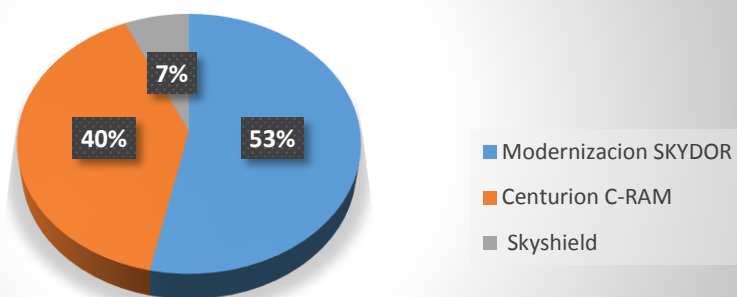


Ilustración 20: Gráfico circular 6[elaboración propia]

ANEXO J. Escala fundamental de comparación de Saaty

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores Intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	

Tabla 23: Escala fundamental de comparación de Saaty [elaboración propia]

ANEXO K. Etapas del método AHP

Método AHP - Evaluación de Criterios (Etapa 2)

Evaluación de CRITERIOS

CRITERIOS	Gastos	Capacidad	Reducción de	Adaptación	Alta movilidad
Gastos	1	3	5	7	9
Capacidad C-...	1/3	1	3	5	7
Reducción d...	1/5	1/3	1	3	5
Adaptación	1/7	1/5	1/3	1	3
Alta movilidad	1/9	1/7	1/5	1/3	1

PESOS(W)

0.50
0.26
0.13
0.07
0.03

Escala de SAATY

Valor	Definición
1	a - Igual Importancia
3	b - Importancia Moderada v 1/3
5	c - Importancia Grande v 1/5
7	d - Importancia Muy Grande v 1/7
9	e - Importancia Extrema v 1/9

R.I. : 0.0542

Calcular

< Volver Datos AHP

Ilustración 21: Método AHP, evaluación de criterios

Método AHP - Evaluación de Alternativas (Etapa 3)

R.I. : 0.0567

Gastos	Centurion C-RAM	Skyshield	Modernización SKYDOR
Skyshield	3	1	1/5
Modernización S...	7	5	1

PESOS(W)

0.08
0.19
0.72

R.I. : 0.0701

Capacidad C-EAT	Centurion C-RAM	Skyshield	Modernización SKYDOR
Centurion C-RAM	1	1/9	1/7
Skyshield	9	1	3
Modernización S...	7	1/3	1

PESOS(W)

0.06
0.65
0.29

R.I. : 0.0708

Reducción de riesgos	Centurion C-RAM	Skyshield	Modernización SKYDOR
Skyshield	3	1	1/7
Modernización S...	9	7	1

PESOS(W)

0.07
0.15
0.78

R.I. : 0.0708

Adaptación	Centurion C-RAM	Skyshield	Modernización SKYDOR
Skyshield	3	1	1/7
Modernización S...	9	7	1

PESOS(W)

0.07
0.15
0.78

R.I. : 0.0567

Alta movilidad	Centurion C-RAM	Skyshield	Modernización SKYDOR
Skyshield	7	1	5
Modernización S...	3	1/5	1

PESOS(W)

0.08
0.72
0.19

Ilustración 22: Método AHP, evaluación de alternativas

Método AHP - Jerarquización de Alternativas (Etapa 4)

MATRIZ DE DECISIÓN

CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	Centurion C-RAM	Skyshield	Modernización SKYDOR
Gastos	0.50	0.08	0.19	0.72
Capacidad C-EAT	0.26	0.06	0.65	0.29
Reducción de riesgos	0.13	0.07	0.15	0.78
Adaptación	0.07	0.07	0.15	0.78
Alta movilidad	0.03	0.08	0.72	0.19
		0.07	0.32	0.60

Ilustración 23: Método AHP, jerarquización de alternativas